

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-270799

(43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 09-068825

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 21.03.1997

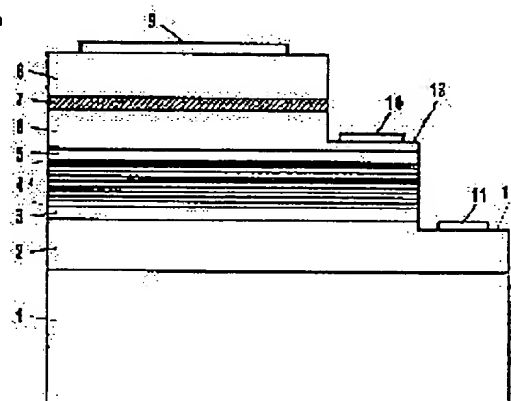
(72)Inventor : HISHIDA YUJI

## (54) LIGHT EMITTING ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting element, the light emitting wavelength of which can be changed over a wide range without changing the characteristic of the element other than the light emitting wavelength.

SOLUTION: A light emitting element is provided with a light emitting section composed of an n-type clad layer 6, a light emitting layer 7, a p-type clad layer 8, and a wavelength converting section composed of an optically pumped n-i-p-i laminated light emitting layer 4. The light emitting layer 4 is formed by alternately laminating a plurality of p-type GaN layers and a plurality of n-type GaN layers upon another. When a voltage is applied across an electrode 9 for driving light emitting section and a common electrode 10, the light emitting layer 7 emits light. The light emitted from the layer 7 is absorbed by the light emitting layer 4 and luminous recombination takes place. When a voltage is applied across the common electrode 10 and an electrode 11 for changing wavelength, and external electric field is applied upon the light emitting layer 4. The energy of the light generated by the luminous recombination varies depending upon the magnitude or presence/absence of the external electric field.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.10.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-270799

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

A

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-68825

(22)出願日 平成9年(1997)3月21日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 菱田 有二

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

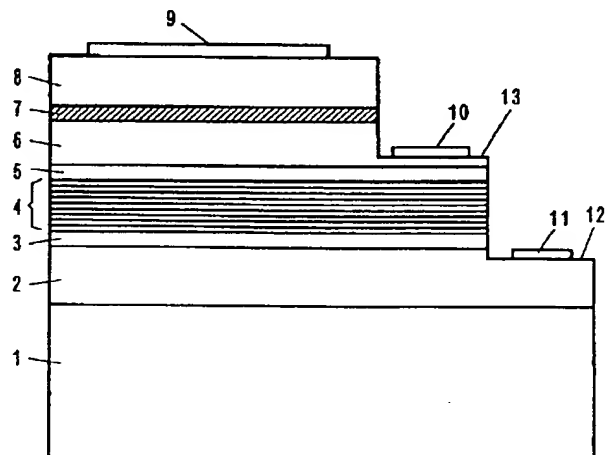
(74)代理人 弁理士 福島 祥人

(54)【発明の名称】 発光素子

(57)【要約】

【課題】 発光波長以外の素子特性を変化させることなく発光波長を十分な幅で変化させることができる発光素子を提供することである。

【解決手段】 発光素子はn型クラッド層6、発光層7およびp型クラッド層8からなる発光部および光励起n-i-p-i積層発光層4からなる波長変換部を備える。光励起n-i-p-i積層発光層4はp型GaN層とn型GaN層とが交互に複数周期積層されてなる。発光部駆動用電極9と共通電極10との間に電圧を印加すると、発光層7が発光する。発光層7からの発光が光励起n-i-p-i積層発光層4で吸収され、発光再結合が行われる。共通電極10と波長可変用電極11との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層4に外部電場が印加される。発光再結合により発生する光のエネルギーは外部電場の大きさまたは有無により変化する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 所定の波長の光を発生する発光部と、前記発光部により発生された光を吸収し、吸収した光を外部電場の大きさまたは有無に基づく波長の光に変換して出射する波長変換部とを備えたことを特徴とする発光素子。

【請求項2】 前記波長変換部は、複数のn型層および複数のp型層が交互に積層されてなることを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項3】 前記波長変換部は、前記発光部からの光で励起された電子および正孔の再結合により光を出射することを特徴とする請求項1または2記載の発光素子。

【請求項4】 前記波長変換部に外部電場を印加するための電極をさらに備えたことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の発光素子。

【請求項5】 前記発光部は、発光ダイオードからなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の発光素子。

【請求項6】 前記発光部は、半導体レーザ素子からなることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の発光素子。

【請求項7】 前記波長変換部は、光共振器構造を有することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の発光素子。

【請求項8】 前記発光部および前記波長変換部は、光共振器内に設けられたことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の発光素子。

【請求項9】 請求項1～8のいずれかに記載の発光素子を備えた電子機器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、発光波長が可変である発光素子に関する。

**【0002】**

【従来の技術】半導体レーザ素子、発光ダイオード等の発光素子では、その発光波長は基本的には素子に固有であり、温度変化により波長の変動がある。意図的に発光波長を変化させる方法として、素子温度を変化させる方法や、量子井戸を用いた発光層において複数の量子準位間での遷移確率を変化させることにより発光波長を変化させる方法などがある。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、素子温度を変化させる方法や、量子準位間での遷移確率を変化させる方法により発光波長を変化させると、発光波長以外の素子特性まで変化するという難点がある。また、このような方法で発光波長を変化させると、発光波長の変化の幅が小さい。

【0004】本発明の目的は、発光波長以外の素子特性を変化させることなく発光波長を十分な幅で変化させる

ことができる発光素子を提供することである。

**【0005】**

【課題を解決するための手段および発明の効果】第1の発明に係る発光素子は、所定の波長の光を発生する発光部と、発光部により発生された光を吸収し、吸収した光を外部電場の大きさまたは有無に基づく波長の光に変換して出射する波長変換部とを備えたものである。

【0006】本発明に係る発光素子においては、発光部により発生された光が波長変換部で吸収され、その光が波長変換部により外部電場の大きさまたは有無に基づく波長の光に変換されて外部に出射される。

【0007】これにより、外部電場の大きさまたは有無によって出射される光の波長を変化させることができる。したがって、光の波長以外の素子特性を変化させることなく光の波長を十分な幅で変化させることができる。

【0008】特に、波長変換部は、複数のn型層および複数のp型層が交互に積層されてなってもよい。また、波長変換部は、発光部からの光で励起された電子および正孔の再結合により光を出射してもよい。

【0009】この場合、波長変換部のエネルギーバンドに山および谷からなる内部電場が形成される。発光部からの光の吸収により伝導帯および価電子帯に電子-正孔対が生成される。これらの電子および正孔は、内部電場によりそれぞれ伝導帯の谷および価電子帯の山に移動することにより空間的に分離され、同時にエネルギーを失った後、発光再結合する。

【0010】再結合で発生する光のエネルギーは、外部電場の大きさまたは有無により変化する。したがって、外部電場の大きさまたは有無により発光波長を変化させることができる。

【0011】発光素子が、波長変換部に外部電場を印加するための電極をさらに備えてもよい。この場合、電極に電圧を印加することにより波長変換部に外部電場を印加することができ、電圧の大きさまたは電圧の印加の有無により波長変換部から出射される光の波長を変化させることができる。

【0012】発光部が発光ダイオードからなってもよい。あるいは、発光部が半導体レーザ素子からなってもよい。

【0013】また、波長変換部が光共振器構造を有してもよい。その場合、波長変換部からレーザ光が出射される。発光部および波長変換部が、光共振器内に設けられてもよい。この場合、発光部からレーザ光が発生され、波長変換部からは波長変換されたレーザ光が出射される。発光部および波長変換部が、同一基板上に形成されることが好ましい。

【0014】第2の発明に係る電子機器は、第1の発明に係る発光素子を備えたものである。それにより、発光波長を他の素子特性を変化させることなく十分な幅で変

化させることが可能となる。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明の第1の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、発光部が発光ダイオードからなる。

【0016】図1において、 $Al_2O_3$  からなる基板1上に、p型またはn型Ga<sub>x</sub>Nからなるコンタクト層2、層厚2000Åの $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x \leq 1$ ) からなる半絶縁層3、光励起n-i-p-i積層発光層4および層厚2000Åの $Al_xGa_{1-x}N$  ( $0 < x \leq 1$ ) からなる半絶縁層5が順に形成されている。光励起n-i-p-i積層発光層4は、層厚300Åのp型Ga<sub>x</sub>N層（アクセプタ濃度 $10^{19}cm^{-3}$ ）と層厚300Åのn型Ga<sub>x</sub>N層（ドナー濃度 $10^{19}cm^{-3}$ ）とが交互に10周期積層されてなる。

【0017】半絶縁層5上には、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるn型クラッド層6、Ga<sub>x</sub>Nからなる発光層7およびp型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるp型クラッド層8が順に形成されている。

【0018】p型クラッド層8からコンタクト層2の所定深さまでの一部領域が除去され、コンタクト層2上に電極形成領域12が形成されている。また、p型クラッド層8からn型クラッド層6の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層6上に電極形成領域13が形成されている。p型クラッド層8上に発光部駆動用電極9が形成され、n型クラッド層6の電極形成領域13上に共通電極10が形成され、コンタクト層2の電極形成領域12上に波長可変用電極11が形成されている。

【0019】本実施例の発光素子では、n型クラッド層6、発光層7およびp型クラッド層8からなる発光ダイオードが発光部となり、光励起n-i-p-i積層発光層4が波長交換部となる。

【0020】図1の発光素子では、発光部駆動用電極9と共通電極10との間に電圧を印加すると、発光層7が発光する。また、共通電極10と波長可変用電極11との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層4に外部電場が印加される。

【0021】図2は図1の発光素子における光励起n-i-p-i積層発光層4の一部の構造および電場が印加されていない状態のエネルギーバンド構造を示す図である。

【0022】図2に示すように、光励起n-i-p-i積層発光層4はn型Ga<sub>x</sub>N層4aとp型Ga<sub>x</sub>N層4bとが交互に積層されてなる。電場が印加されていない状態では、伝導帯の谷201の下部に正にイオン化した不純物の準位が局在し、価電子帯の山202の上部に負にイオン化した不純物の準位が局在する。なお、n型Ga<sub>x</sub>N層4aおよびp型Ga<sub>x</sub>N層4bの不純物濃度が高い場合には、バンドの曲がりが大きくなり、電場が印加されない状態でも、伝導帯の谷201および価電子帯の山20

2にキャリアが存在する。

【0023】図3は光励起n-i-p-i積層発光層4に電場が印加されていない状態で発光層7からの発光により光励起n-i-p-i積層発光層4が光励起された場合のエネルギーバンド構造図である。

【0024】発光層7からの発光は、光励起n-i-p-i積層発光層4で吸収され、電子e-正孔h対となる（励起光吸収）。これらの電子eおよび正孔hは、内部電場により空間的に分離され、電子eは伝導帯の谷201に移動し、正孔hは価電子帯の山202に移動し、同時にエネルギーを失った後、発光再結合を行う。

【0025】この場合、入射光のエネルギーは発光層7および光励起n-i-p-i積層発光層4の材料であるGa<sub>x</sub>Nのバンドギャップエネルギーに等しいため、入射光は光励起n-i-p-i積層発光層4で効率良く吸収され、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるn型クラッド層6および $Al_xGa_{1-x}N$  からなる半絶縁層5では吸収されない。ここで、発光層7からの発光が、光励起n-i-p-i積層発光層4に達するまでの間にn型クラッド層6や半絶縁層5で吸収されない理由は、n型クラッド層6および半絶縁層5を構成する材料のバンドギャップエネルギーが、発光層7からの光のエネルギーよりも大きいからである。

【0026】発光再結合により発生する光のエネルギーは、Ga<sub>x</sub>Nのバンドギャップエネルギーよりも小さく、波長650nm付近にピークを有する幅広（ブロード）な赤色発光が起こる。そのため、発光再結合で発生する光は発光部駆動用電極9、共通電極10および波長可変用電極11以外では吸収されず、効率良く外部へ取り出される。

【0027】図4は光励起n-i-p-i積層発光層4に電場が印加された状態で発光層7からの発光により光励起n-i-p-i積層発光層4が光励起された場合のエネルギーバンド構造図である。ここでは、共通電極10に対して波長可変用電極11に電圧30Vが印加されている。

【0028】発光層7からの発光は、光励起n-i-p-i積層発光層4で吸収され、電子e-正孔h対となる（励起光吸収）。これらの電子eおよび正孔hは、内部電場により空間的に分離され、同時にエネルギーを失った後、発光再結合を行う。

【0029】この場合にも、光励起n-i-p-i積層発光層4に電場が印加されていない場合と同様に、入射光のエネルギーは、発光層7および光励起n-i-p-i積層発光層4の材料であるGa<sub>x</sub>Nのエネルギーバンドギャップエネルギーと等しいため、入射光は光励起n-i-p-i積層発光層4で効率良く吸収され、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるn型クラッド層6および $Al_xGa_{1-x}N$  からなる半絶縁層5では吸収されない。ここで、発光層7からの発光が、光励起n-i-p-i積層

発光層4に達するまでの間にn型クラッド層6や半絶縁層5で吸収されない理由も、n型クラッド層6および半絶縁層5を構成する材料のバンドギャップエネルギーが、発光層7からの光のエネルギーよりも大きいからである。

【0030】発光再結合により発生する光のエネルギーは、Ga<sub>0.5</sub>Nのバンドギャップエネルギーよりも小さいが、光励起n-i-p-i積層発光層4に電場が印加されていない場合に比べて大きくなり、波長470nm付近にピークを有する幅広(ブロード)な青色発光が起こる。

【0031】このように、波長可変用電極11への電圧の印加の有無により、光励起n-i-p-i積層発光層4中の再結合で発生する光の波長を変化させることができる。また、波長可変用電極11へ印加する電圧の大きさを変化させることにより、光励起n-i-p-i積層発光層4中の再結合で発生する光の波長を任意にかつ連続的に変化させることができる。

【0032】なお、n型クラッド層6の代わりにp型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるp型クラッド層を用い、p型クラッド層8の代わりにn型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるn型クラッド層を用いてもよい。

【0033】図5および図6は本発明の第2の実施例における発光素子の製造方法を示す工程断面図である。本実施例の発光素子では、発光部がストライプ型レーザ素子からなる。

【0034】まず、図5(a)に示すように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる基板21上に、n型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるn型クラッド層22、Ga<sub>0.5</sub>Nからなる発光層23およびp型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるp型クラッド層24を順に形成する。

【0035】次に、図5(b)に示すように、p型クラッド層24からn型クラッド層22の所定深さまでの一部領域を塩素系ガスを用いたRIE法(反応性イオンエッチング法)により除去する。これにより、n型クラッド層22が露出する。

【0036】次に、図5(c)に示すように、p型クラッド層24上および露出したn型クラッド層22上に、Ga<sub>0.5</sub>Nからなる高抵抗層25、光励起n-i-p-i積層発光層26、Ga<sub>0.5</sub>Nからなる高抵抗層27およびp型Ga<sub>0.5</sub>N(アクセプタ濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )またはn型Ga<sub>0.5</sub>N(ドナー濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )からなるコンタクト層28をMBE法(分子線エピタキシャル成長法)により順に形成する。

【0037】光励起n-i-p-i積層発光層26の形成条件としては、成長温度を780℃とし、固体ソースであるGaの蒸気圧を $5 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ 、N(高周波プラズマによる活性化窒素ガス)の圧力を $1 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ とする。また、Mg噴射用セルの温度を170℃とし、Si噴射用セルの温度を1000℃とする。

【0038】その後、図6(d)に示すように、RIE法によりn型クラッド層22の端面側の領域を除いてコンタクト層28、高抵抗層27、光励起n-i-p-i積層発光層26および高抵抗層25を除去する。それにより、分離用溝29で互いに分離された発光部30および波長変換部31が形成される。分離用溝29の幅L1は例えば10μmとする。波長変換部31の両方の端面32、33をミラー加工し、ファブリペロー共振器(光共振器)を形成する。

【0039】最後に、図6(e)に示すように、p型クラッド層24上にAuからなる発光部駆動用電極34を形成し、分離用溝35内のn型クラッド層22上にTiからなる共通電極35を形成し、コンタクト層28上にAuからなる波長可変用電極36を形成する。

【0040】本実施例の発光素子では、n型クラッド層22、発光層23およびp型クラッド層24からなるストライプ型レーザ素子が発光部30となり、共振器構造の光励起n-i-p-i積層発光層4が波長変換部31となる。

【0041】図6の発光素子では、発光部駆動用電極34と共通電極35との間に電圧を印加すると、発光層23が発光する。それにより、発光層23の両端面からレーザ光が出射される。また、共通電極35と波長可変用電極36との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層26に外部電場が印加される。これにより、光励起n-i-p-i積層発光層4の両端面32、33から波長可変なレーザ光が出射される。

【0042】なお、n型クラッド層22およびp型クラッド層24の代わりにそれぞれp型クラッド層およびn型クラッド層を設けてもよい。また、p型コンタクト層28の代わりにn型コンタクト層を設けてもよい。

【0043】図7は本発明の第3の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、光励起n-i-p-i積層発光層がレーザ素子構造を有する。

【0044】Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる基板41上に、n型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるn型クラッド層42、Ga<sub>0.5</sub>Nからなる発光層43およびp型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Nからなるp型クラッド層44が順に形成されている。

【0045】p型クラッド層44上には、高抵抗半導体多層膜ミラー45、光励起n-i-p-i積層発光層46および誘電体多層膜ミラー47が順に形成されている。高抵抗半導体多層膜ミラー45は、例えばAlGa<sub>0.5</sub>N層とGa<sub>0.5</sub>N層とが交互に積層されてなる。また、光励起n-i-p-i積層発光層46は、p型Ga<sub>0.5</sub>N層とn型Ga<sub>0.5</sub>N層とが交互に積層されてなる。

【0046】誘電体多層膜ミラー47、光励起n-i-p-i積層発光層46および高抵抗半導体多層膜ミラー45の一部領域が除去され、p型クラッド層44が露出している。また、誘電体多層膜ミラー47からn型クラ

ッド層42の所定の深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層42が露出している。誘電体多層膜ミラー47上に波長可変用電極48が形成され、p型クラッド層44上に共通電極49が形成され、n型クラッド層42上に発光部駆動用電極50が形成されている。

【0047】本実施例の発光素子では、n型クラッド層42、発光層43およびp型クラッド層44からなる発光ダイオードが発光部となる。また、高抵抗半導体多層膜ミラー45および誘電体多層膜ミラー47により垂直共振器が構成され、光励起n-i-p-i積層発光層46が波長変換部となる。

【0048】図7の半導体素子では、発光部駆動用電極50と共通電極49との間に電圧を印加すると、発光層43が発光する。また、共通電極49と波長可変用電極48との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層46に外部電場が印加される。これにより、発光素子の上面および下面から波長可変なレーザ光51、52が出射される。

【0049】なお、誘電体多層膜ミラー47の代わりに半導体多層膜ミラーを用いてもよい。

【0050】図8は本発明の第4の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、光励起n-i-p-i積層発光層がレーザ素子構造を有する。

【0051】図8において、 $Al_2O_3$  からなる基板61上に、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるn型クラッド層62、GaNからなる発光層63およびp型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるp型クラッド層64が順に形成されている。

【0052】p型クラッド層64上には、高抵抗半導体層65、光励起n-i-p-i積層発光層66および誘電体多層膜ミラー67が順に形成されている。また、基板61の下面に、誘電体多層膜ミラー68が形成されている。

【0053】誘電体多層膜ミラー67、光励起n-i-p-i積層発光層66および高抵抗半導体層65の一部領域が除去され、p型クラッド層64が露出している。また、誘電体多層膜ミラー67からn型クラッド層62の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層62が露出している。誘電体多層膜ミラー67上に波長可変用電極69が形成され、p型クラッド層64上に共通電極70が形成され、n型クラッド層62上に発光部駆動用電極71が形成されている。

【0054】本実施例の発光素子では、n型クラッド層62、発光層63およびp型クラッド層64からなる発光ダイオードが発光部となる。また、誘電体多層膜ミラー68および誘電体多層膜ミラー67が垂直共振器を構成し、光励起n-i-p-i積層発光層66が波長変換部となる。

【0055】図8の半導体レーザ素子では、発光部駆動

用電極71と共通電極70との間に電圧を印加すると、発光層63が発光する。また、共通電極70と波長可変用電極69との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層66に外部電場が印加される。それにより、発光素子の上面および下面から波長可変なレーザ光が出射される。

【0056】なお、誘電体多層膜ミラー67、68の代わりに半導体多層膜ミラーを用いてもよい。

【0057】図9は本発明の第5の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、光励起n-i-p-i積層発光層がレーザ素子構造を有する。

【0058】 $Al_2O_3$  からなる基板81上に、n型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるn型クラッド層82、GaNからなる発光層83およびp型 $Al_xGa_{1-x}N$  からなるp型クラッド層84が順に形成されている。p型クラッド層84上に、高抵抗層85、光励起n-i-p-i積層発光層86および高抵抗層87が順に形成されている。

【0059】高抵抗層87、光励起n-i-p-i積層発光層86および高抵抗層85の一部領域が除去され、p型クラッド層84が露出している。また、高抵抗層87からn型クラッド層82の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層82が露出している。

【0060】高抵抗層87上に波長可変用電極88が形成され、p型クラッド層84上に共通電極89が形成され、n型クラッド層82上に発光部駆動用電極90が形成されている。

【0061】光励起n-i-p-i積層発光層86の両方の端面91、92には、ミラー加工により共振面が形成されている。

【0062】本実施例の発光素子では、n型クラッド層82、発光層83およびp型クラッド層84からなる発光ダイオードが発光部となる。また、共振器構造を有する光励起n-i-p-i積層発光層86が波長変換部となる。

【0063】図9の半導体レーザ素子では、発光部駆動用電極90と共通電極89との間に電圧を印加すると、発光層83が発光する。また、共通電極89と波長可変用電極88との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層86に外部電場が印加される。それにより、光励起n-i-p-i積層発光層86の両端面91、92から波長可変なレーザ光が出射される。

【0064】図10は本発明の第6の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、発光部が面発光レーザ素子からなる。

【0065】 $Al_2O_3$  からなる基板101上に、半導体多層膜ミラー102、n型クラッド層103、発光層104およびp型クラッド層105が順に形成されている。p型クラッド層105上には、高抵抗半導体多層膜

ミラー106、光励起n-i-p-i積層発光層107および誘電体多層膜ミラー108が順に形成されている。

【0066】誘電体多層膜ミラー108からp型クラッド層105の所定深さまでの一部領域が除去され、p型クラッド層105が露出している。また、誘電体多層膜ミラー108からn型クラッド層103の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層103が露出している。

【0067】誘電体多層膜ミラー108上に波長可変用電極109が形成され、p型クラッド層105上に共通電極110が形成され、n型クラッド層103上に発光部駆動用電極111が形成されている。

【0068】本実施例の発光素子では、半導体多層膜ミラー102および高抵抗半導体多層膜ミラー106により垂直共振器が構成され、高抵抗半導体多層膜ミラー106および誘電体多層膜ミラー108により垂直共振器が構成される。この場合、p型クラッド層103、発光層104およびn型クラッド層105からなる面発光レーザ素子が発光部となり、垂直共振器構造の光励起n-i-p-i積層発光層107が波長変換部となる。

【0069】図10の半導体レーザ素子では、発光部駆動用電極111と共通電極110との間に電圧を印加すると、発光部104から上下方向にレーザ光が出射される。また、共通電極110と波長可変用電極109との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層107に外部電場が印加される。それにより、発光素子の上面および下面から波長可変なレーザ光が出射される。

【0070】なお、誘電体多層膜ミラー108の代わりに半導体多層膜ミラーを用いてもよい。

【0071】図11は本発明の第7の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、発光部が面発光レーザ素子からなる。

【0072】 $Al_2O_3$  からなる基板121上に、n型クラッド層122、発光層123およびp型クラッド層124が順に形成されている。p型クラッド層124上には、高抵抗半導体多層膜ミラー125、光励起n-i-p-i積層発光層126および誘電体多層膜ミラー127が順に形成されている。

【0073】誘電体多層膜ミラー127からp型クラッド層124の所定深さまでの一部領域が除去され、p型クラッド層124が露出している。また、誘電体多層膜ミラー127からn型クラッド層122の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層122が露出している。一方、基板121の下面には、誘電体多層膜ミラー128が形成されている。

【0074】誘電体多層膜ミラー127上に波長可変用電極129が形成され、p型クラッド層124上に共通電極130が形成され、n型クラッド層122上に発光

部駆動用電極131が形成されている。

【0075】本実施例の発光素子では、誘電体多層膜ミラー128および高抵抗半導体多層膜ミラー125により垂直共振器が構成され、高抵抗半導体多層膜ミラー125および誘電体多層膜ミラー127により垂直共振器が構成される。この場合、n型クラッド層122、発光層123およびp型クラッド層124からなる面発光レーザ素子が発光部となり、垂直共振器構造の光励起n-i-p-i積層発光層126が波長変換部となる。

【0076】図11の半導体レーザ素子では、発光部駆動用電極131と共通電極130との間に電圧を印加すると、発光部123から上下方向にレーザ光が出射される。また、共通電極130と波長可変用電極129との間に電圧を印加すると、光励起n-i-p-i積層発光層126に外部電場が印加される。それにより、発光素子の上面および下面から波長可変なレーザ光が出射される。

【0077】なお、誘電体多層膜ミラー127、128の代わりに半導体多層膜ミラーを用いてもよい。

【0078】図12は本発明の第8の実施例における発光素子の模式的断面図である。本実施例の発光素子では、発光部が面発光レーザ素子からなる。

【0079】 $Al_2O_3$  からなる基板141上に、半導体多層膜ミラー142、n型クラッド層143、発光層144およびp型クラッド層145が順に形成されている。p型クラッド層145上には、高抵抗半導体多層膜ミラー146、光励起n-i-p-i積層発光層147および高抵抗層148が順に形成されている。

【0080】高抵抗層148からp型クラッド層145の所定深さまでの一部領域が除去され、p型クラッド層145が露出している。また、高抵抗層148からn型クラッド層143の所定深さまでの一部領域が除去され、n型クラッド層143が露出している。

【0081】高抵抗層148上に波長可変用電極149が形成され、p型クラッド層145上に共通電極150が形成され、n型クラッド層143上に発光部駆動用電極151が形成されている。光励起n-i-p-i積層発光層147の両方の端面152、153には、ミラー加工により共振器面が形成されている。

【0082】本実施例の発光素子では、半導体多層膜ミラー142および高抵抗半導体多層膜ミラー146が垂直共振器を構成する。この場合、n型クラッド層143、発光層144およびp型クラッド層145からなる面発光レーザ素子が発光部となる。また、垂直共振器構造の光励起n-i-p-i積層発光層147が波長変換部となる。

【0083】図12の発光素子では、発光部駆動用電極151と共通電極150との間に電圧を印加すると、発光部144から上下方向にレーザ光が出射される。また、共通電極150と波長可変用電極149との間に電

圧を印加すると、光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層147に外部電場が印加される。それにより、光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層147の両端面152、153から波長可変なレーザ光が出射される。

【0084】上記第1～第8の実施例では、単に発光波長を変えることができるだけでなく、波長変換用の電圧を変調することにより疑似的に任意のスペクトル形状を有する発光（白色、金色、茶色、ピンク色など、混色により得られる色）を1個の発光素子で発生することが可能となる。

【0085】また、波長変換用の電圧を変調と同期させて発光部の発光強度を変調させてもよい。

【0086】本発明の発光素子は、フルカラーディスプレイ、パイロットランプ、インジケータ、光化学反応光源、分析機器光源、色センサ用光源、紙幣判定機用光源、色見本、光通信用光源、医療機器、光コンピュータ、信号、照明等の種々の電子機器に用いることができる。

【0087】なお、上記実施例では、 $n$ 型層および $p$ 型層を交互に積層することにより光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層を形成しているが、 $n$ 型層と $p$ 型層との間にノンドープの $i$ 層を挿入してもよい。

【0088】本発明の発光素子の材料としては、種々の直接遷移型半導体を用いることができ、例えばGaN、InN、InP、AlAs、GaAs、InAs、AlSb、GaSb、InSb、GaPAs、AlGaIn、AlInN、AlInAs、AlInSbおよびこれらの混晶（GaInN、AlGaInN、AlGaInAs、GaInAs、GaInNAs、AlInP、GaInP、AlGaInP、InPAs、AlGaPAs、AlInPAs、GaInPAs、GaInAs、AlInAs、AlGaAs、AlGaInAs、GaInAsSb、AlInAsSb、AlGaAsSb、AlGaInAsSb、GaInSb、AlInSb、AlGaSb、AlGaInSb、GaInNAsSb、AlInNAsSb、AlGaInAsSb、AlGaInNSAsSb、GaInNSb、AlInNSb、AlGaNSb、AlGaInNSb等）、BeS、BeSe、BeTe、MgS、MgSe、MgTe、ZnO、ZnS、ZnSe、ZnTe、CdS、CdSe、CdTe、HgS、HgSe、HgTeおよびこれらの混晶（BeMgS、BeMgSe、BeMgTe、BeZnS、BeZnSe、BeZnTe、BeCdS、BeCdSe、BeCdTe、BeHgS、BeHgSe、BeHgTe、MgZnS、MgZnSe、MgZnTe、MgCdS、MgCdSe、MgCdTe、MgHgS、MgHgSe、MgHgTe、ZnCdO、ZnCdS、ZnCdSe、ZnCdTe、ZnHgO、ZnHgS、ZnHgSe、ZnHgTe、CdHgS、CdHgSe、CdHgTe、BeMgZnS、BeM

gZnSe、BeMgZnTe、BeMgCdS、BeMgCdSe、BeMgCdTe、BeMgHgS、BeMgHgSe、BeMgHgTe、BeSSe、BeSeTe、BeSTe、MgSSe、MgSeTe、MgSTe、ZnOS、ZnSSe、ZnSeTe、ZnSTe、ZnOSe、ZnOTe、CdSSe、CdSeTe、CdSTe、HgSSe、HgSeTe、HgSTe等）を用いることができる。

【0089】ただし、波長変換部を構成する材料のバンドギャップエネルギーが発光部から発生される光のエネルギーとほぼ同じかまたはそれ以下となるように、材料を選択する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図2】図1の発光素子における光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層の一部の構造および電場が印加されていない状態のエネルギーバンド構造を示す図である。

【図3】光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層に電場が印加されていない状態で発光層からの発光により光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層が光励起された場合のエネルギーバンド構造図である。

【図4】光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層に電場が印加された状態で発光層からの発光により光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層が光励起された場合のエネルギーバンド構造図である。

【図5】本発明の第2の実施例における発光素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図6】本発明の第2の実施例における発光素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図7】本発明の第3の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図8】本発明の第4の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図9】本発明の第5の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図10】本発明の第6の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図11】本発明の第7の実施例における発光素子の模式的断面図である。

【図12】本発明の第8の実施例における発光素子の模式的断面図である。

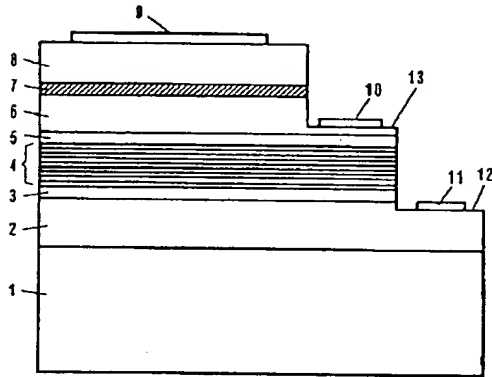
【符号の説明】

4, 26, 46, 66, 86, 107, 126, 147  
光励起 $n-i-p-i$ 積層発光層  
7, 23, 43, 63, 83, 104, 123 発光層  
9, 34, 50, 71, 90, 111, 131 発光部  
駆動用電極  
10, 35, 49, 70, 89, 110, 130 共通電極

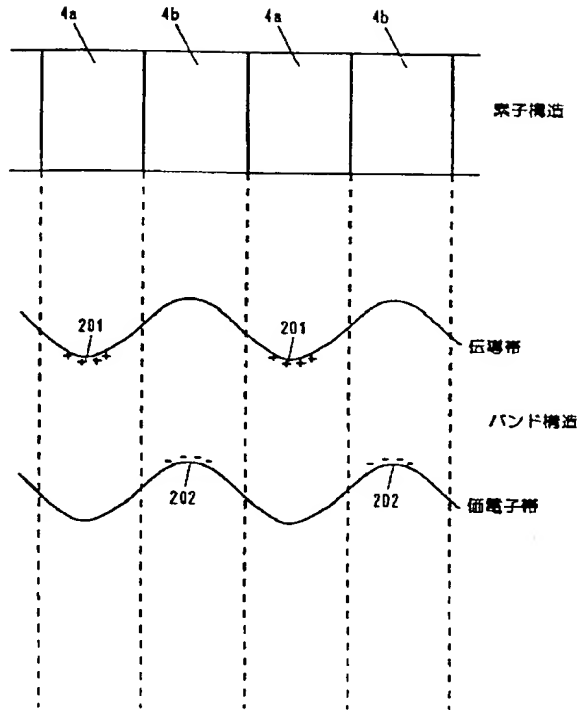


11, 36, 48, 69, 88, 109, 129 波長 可変用電極

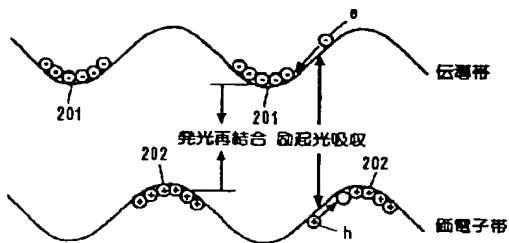
【図1】



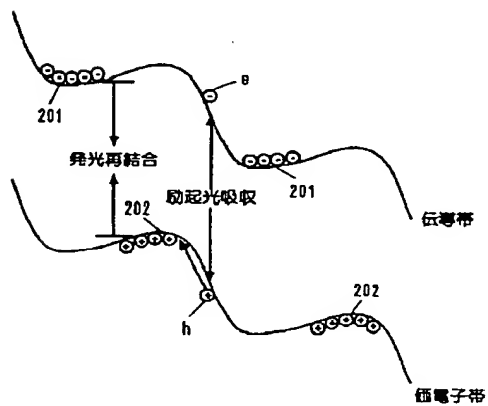
【図2】



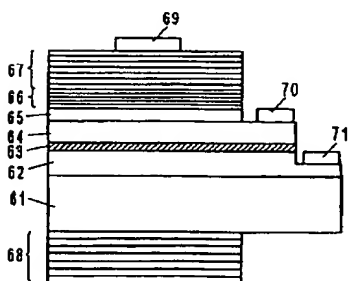
【図3】



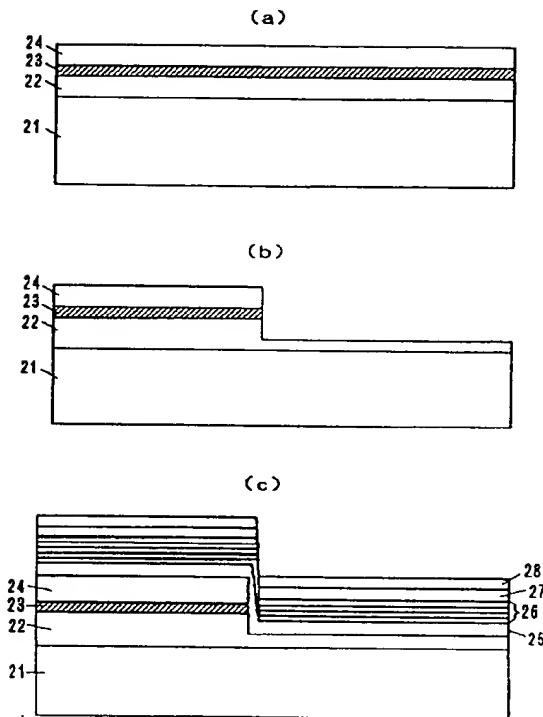
【図4】



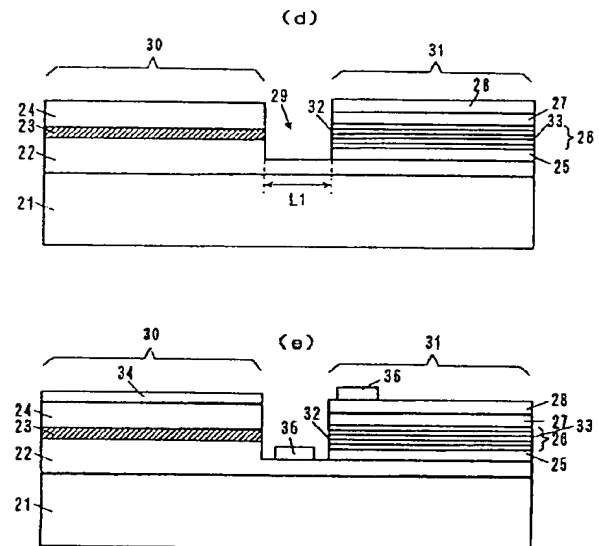
【図8】



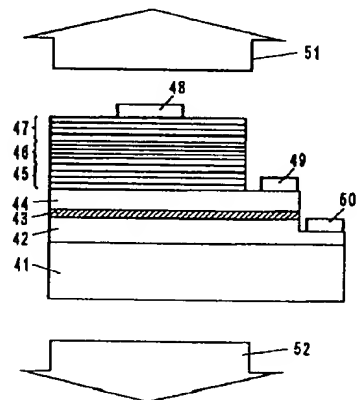
【図5】



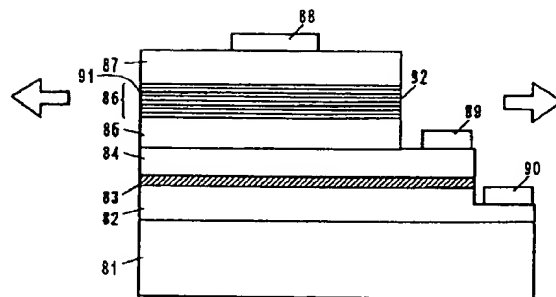
【図6】



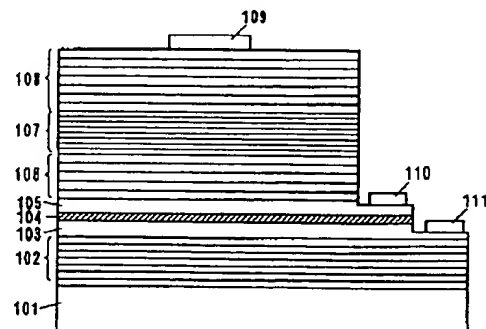
【図7】



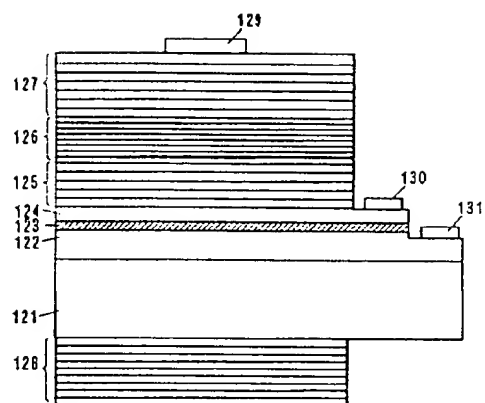
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

